УДК 658.5.011

Е. А. Фролова*
доктор технических наук, доцент, директор Института Фундаментальной подготовки и технологических инноваций
В. А. Тушавин*
доктор технических наук, профессор
А. С. Тур*
ассистент
*Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

ПРОБЛЕМЫ РАНЖИРОВАНИЯ ПРИ УПРАВЛЕНИИ КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССА ЗАКУПОК КОМПЛЕКТУЮЩИХ

В статье рассматриваются вопросы многокритериального выбора. Разработаны научно-технические предложения по применению метода Шульце для решения подобных задач. Указанное предложение как в частности, так и совместно с известными методами выбора поставщиков позволят снизить риски использования в производстве продукции неаутентичных материалов и комплектующих.
Ключевые слова: неаутентичная продукция, контрафактная продукция, качество продукции.

В настоящее время производители отечественной электронной продукции столкнулись с проблемой возросшей доли бракованных комплектующих. Так, по данным газеты «Коммерсант» это привело к росту доли несоответствующей продукции при поставках из Китая с 2 % до 40 % [1]. Это, в свою очередь, приводит к увеличению стоимости производства и увеличивает его сроки. Данный тезис подтверждается официальной статистикой, например, стоимость электротоваров и других бытовых приборов уже выросла на 18,99% к сентябрю 2022 года по сравнению с сентябрем 2021 года [2], что не объясняется только влиянием инфляции и волатильностью валютного рынка.

Возникшая проблема, помимо классических подходов к входному контролю комплектующих, поднимает вопрос рациональной методики выбора контрагентов, в условиях закупки комплектующих через посредников по, так называемому, «серому» импорту. Как показывает интервью с руководством ведущих отечественных производителей электроники, данная проблема может успешно решаться при организации надлежащей проверки поставщиков и входного контроля [3].

В случае, если необходимо сравнить объекты (поставщиков, комплектующие) по одному параметру (например: цена), то данная задача в большинстве случаев является тривиальной. В том же случае, если необходимо сравнить объекты по нескольким показателям качества, единого универсального решения не существует, поскольку невозможно редуцировать многомерность к одномерности без потери информации, в то же время, в квалиметрии наработаны частные решения этой задачи с использованием свертки единичных показателей качества в комплексный с последующим их ранжированием или сравнении с эталонами. В большинстве случае данные задачи решаются с помощью свертки с использованием взвешенных средних по Колмогорову, как с применением метода анализа иерархии, так и используя другие эвристические методы, или математического аппарата нечеткой логики. Ранее было предложено возможное решение этой задачи на основе метода стохастического доминирования при нелинейной свертке показателей с использованием элементов робастного проектирования для нормализации шкал, а также разделении показателей качества на доминирующие и компенсирующие [4,5].

Для решения задачи выбора k объектов из множества N, в том числе для рационализации выбора поставщика комплектующих, необходимо решить оптимизационную задачу нахождения такого отношения между объектами R,чтобы:

$$\sum_i w_i d(R_i, R)^p \to \min ,$$

где w_i – вес для R_i; d – функция расстояния между отдельными мнениями и выбранным решением. В данном случае, могут использоваться такие методы, как, например, нахождение медианы Кемени (метод Кемени-Янга), метод Борда, метод оценки пар (метод Тидемана) и др.

Из всех возможных способов наибольший практический интерес представляет метод последовательного исключения Шварца (метод Шульца), который отличается от принятого в отечественной квалиметрии метода Кемени-Янга меньшей алгоритмической сложностью, а также удовлетворяет критерию клонов, предложенного Н. Тидеманом.

Эвристика метода Шульца заключается в следующем: пусть $d[V,W]$ число голосов кандидатов, которые предпочитают кандидата V кандидату W. Тогда путем в графе от кандидата X к кандидату Y силой p будет называется последовательность кандидатов C(1), …, C(n), обладающая свойствами:

$$C(1) = X \; u \; C(n) = Y ;$$

2. Для всех $i = 1,\ldots,(n-1) : d\left[C(i), C(i+1)\right] > d\left[C(i+1), C(i)\right];$

3. Для всех $i = 1,\ldots,(n-1) : d\left[C(i), C(i+1)\right] \geq p$.

Пусть $p[A,B]$ сила самого сильного из путей от кандидата A к кандидату B, т.е. максимум из всех возможных p, посчитанных по вышеописанной методике. В случае, если от кандидата A нет пути к кандидату B, $p[A,B] = 0$.

Кандидат D лучше чем кандидат E тогда и только тогда, когда $p[D,E] > p[E,D]$.

Кандидат D является возможным победителем над любым кандидатом E тогда и только тогда, когда $p[D,E] \geq p[E,D]$. Отсюда следует, что если $p[X,Y] > p[Y,X]$ *u* $p[Y,Z] > p[Z,Y]$, *mo* $p[X,Z] > p[Z,X]$ [6].

Алгоритм ранжирования K объектов можно описать следующим образом:

1. Робастное преобразование исходных показателей качества для каждого из k объектов [4]. Данное преобразование основано на том факте, что по мере удаления по одной из возможных осей единичного показателя качества от эталонного к наихудшему это изменение не одинаково воспринимается потребителем на различных участках шкалы, в данном случае целесообразно использовать функцию потери качества Тагучи:

$$L = kE(Y-T)^2,$$

где L – функция потери качества; k – коэффициент потери качества; E – ожидаемое значение; T – целевое значение Y [7].

2. Выделение доминирующих и компенсирующих показателей, определение функции свертки. Под доминирующие показателями в данном случае понимаются главные характеристики объекта, а компенсирующими – такие показатели, нулевая оценка любого из которых не влечёт за собой нулевую оценку комплексного показателя качества, при этом нулевая или низкая оценка такого показателя может быть компенсирована другими оценками [5]. Для расчета комплексного показателя качества Q, например, можно использовать следующие формулы:

$$Q_d = \prod_{j=1}^{n} [X^{(j)}]^{\alpha_j}$$

$$Q_k = \sum_{i=1}^{m} \beta_i X^{(i)}$$

$$Q = \sqrt{Q_k Q_d}$$

где Q_d – доминирующий показатель качества; Q_k – компенсирующий показатель качества; α и β – весовые коэффициенты [8].

3. Определение вербальных предпочтений лица, принимающего решение в каждой из групп показателей. Ограничения представляются в виде неравенств и они используются для ограничения при генерации рандомизированных весовых коэффициентов.

4. Генерация двух массивов размерностью n каждый случайных весов на основе заданных предпочтений. При генерации используется генерация значений на основании распределения Дирихле с отражением точек относительно секущих плоскостей, образованных неравенствами [5].

5. Для каждого элемента массива случайных весов ранжируем показатели на основании рассчитанных комплексных показателей качества и строим матрицу M бинарных отношений между объектами размерностью k×k, Иными словами, если объект $I \geq J$, то $Mij = 1$, иначе 0. В результате получаем набор из n матриц M.

6. Ранжируем элементы с использованием вышеописанного алгоритма. Для нахождения самого сильного пути можно воспользоваться вариантом алгоритма Флойда-Уоршелла, используемого для нахождения кратчайших расстояний между всеми вершинами взвешенного ориентированного графа. Для этого необходимо найти матрицу $L = \sum_{n} M$. Тогда *Lij* будет равно числу случаев, когда объект I оказывается предпочтительнее объекта J.

Для обеспечения качества процессов за счет снижения вероятности необнаружения фальсифицированных, контрафактных или неаутентичных компонентов необходимо использовать планы контроля, в то же время, вопросы использования методологии для данных планов остаются дискуссионными и нестандартизированными. Описанные в статье научно-технических подходы в соответствии со стандартом ГОСТ Р ИСО 9000-2015 следует рассматривать как модель осуществления корректирующих действий [9] и позволяют снизить риски использования некачественных комплектующих при производстве высокотехнологичной продукции. $Q_d = \prod_{j=1}^{n} [X^{(j)}]^{\alpha_j}$

Библиографический список

1. *Корнев Т. В*. России растет популярность брака // Газета «Коммерсантъ» №192/П от 17.10.2022. – С. 7

2. Об индексе потребительских цен в сентябре 2022 года URL: https://rosstat.gov.ru/storage/mediabank/170_07-10-2022.html (дата обращения: 18.10.2022).

3. Бракованы и дефектны. Почти половина микросхем, импортируемых из Китая в Россию непригодны для использования. URL: https://www.cnews.ru/news/top/2022-10-17_brakovany_i_defektnypochti (дата обращения: 18.10.2022).

4. *Тушавин В. А.* Робастный подход к оценке комплексного показателя качества ИТ-услуг // Системы управления и информационные технологии. – 2014. – № 4 (58). – С. 92–95.

5. *Тушавин В. А.* Развитие квалиметрии услуг на основе метода стохастического доминирования // Вопросы радиоэлектроники. – 2015. – № 1 (1). – С. 53–60.

6. *Schulze M*. A new monotonic, clone-independent, reversal symmetric, and Condorcet-consistent single-winner election method // Social Choice and Welfare. 2011 Vol. 36, No 2, P. 267–303

7. *Yang K., EI-Haik B. S.* Design for Six Sigma. Second edition. The McGraw-Hill, 2009. 741 p.

8. *Гун Г. С.* Создание и развитие теории квалиметрии металлургии / Г.С. Гун, Г.Ш. Рубин, В.М. Чукин, И.Г. Гун, И.Ю. Мезин, А.Г. Корчунов // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2003. – № 5. – С. 67.

9. ГОСТ Р ИСО 9001-2015. Системы менеджмента качества. Требования. М.: Стандартинформ, 2015. – 24 с.